

A W

S N=10/543,037

Aerodynamic control surface for aircraft has whole surface or tip of surface rotating about axis passing behind center of pressure and rotation is restrained by spring

Publication number: DE10202021

Publication date: 2003-06-12

Inventor: SCHWEIGER JOHANNES (DE)

Applicant: EADS DEUTSCHLAND GMBH (DE)

Classification:

- International: B63H25/38; B64C9/00; B64C9/02; F42B10/02; F42B10/64; B63H25/06; B64C9/00; F42B10/00; (IPC1-7): B64C13/24

- European: B63H25/38; B64C9/00; B64C9/02; F42B10/02; F42B10/64

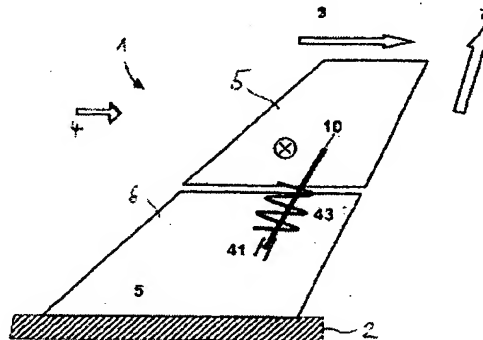
Application number: DE20021002021 20020118

Priority number(s): DE20021002021 20020118

Report a data error here

Abstract of DE10202021

The rudder, aileron or other control surface (5) may be swept back and may be mounted at the tip of a fixed fin or wing (6). Alternatively the control surface may be mounted directly on the fuselage (2). The control surface may be mounted on a shaft or axis (10) rotating in a bearing (41) in the fixed fin or fuselage. The axis is swept back and runs behind the center of pressure of the control surface (X). A spring (43) is fitted which urges the control surface toward its neutral position, and overcomes the aerodynamic force trying to turn the surface.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

AW



SN=10/543,037

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

12

Patentschrift

10

DE 102 02 021 C 1

51

Int. Cl.7:

B 64 C 13/24



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

- 21 Aktenzeichen: 102 02 021.3-22
22 Anmeldetag: 18. 1. 2002
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 12. 6. 2003

DE 102 02 021 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn, DE

72 Erfinder:

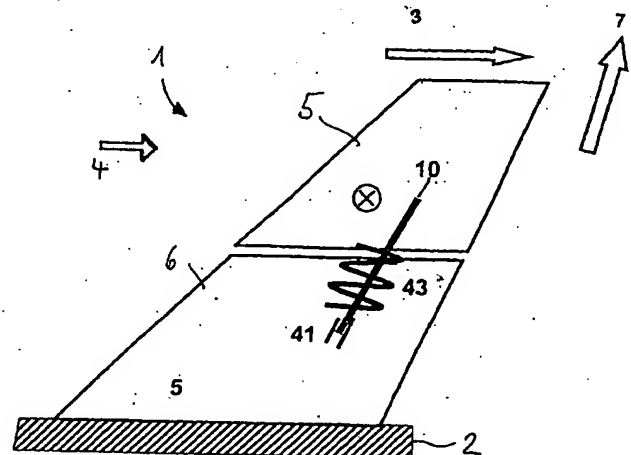
Schweiger, Johannes, Dipl.-Ing., 83670 Bad Heilbrunn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 28 31 185 C2
DE-PS 2 59 357
US 47 90 494

54 Steuerflächen-Vorrichtung mit einer Stabilisierungs- oder Steuerfläche insbesondere für Fluggeräte sowie eine Verstell-Einrichtung zu deren Verstellung

57 Steuerflächen-Vorrichtung zur Erzeugung von strömungs-mechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug mit einer Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1), die an einem Hauptkörper (2) angeordnet ist und ganz oder teilweise aus einer mittels eines Antriebs-Elements (47) verstellbaren Ruder-Fläche (5) mit einer Drehachse (10) gebildet wird, und einem Antriebs-element (47), wobei sich die Ruder-Fläche (5) über die gesamte Tiefen-Richtung (3) der Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1) erstreckt und wobei die Drehachse (10) in Strömungsrichtung (4) gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt (13) der Ruder-Fläche (5) der momentanen Kraft- und Momentenwirkung der Strömung liegt, wobei ein auf die Ruder-Fläche (5) wirkendes Feder-Element (43, 45) angeordnet ist, deren Dreh-Steifigkeit gegenüber dem Hauptkörper (2) veränderbar ist.



DE 102 02 021 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Steuerflächen-Vorrichtung mit einer Stabilisierungs- oder Steuerfläche zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug sowie eine Verstell-Einrichtung zur Verstellung derselben. Die Steuerflächen-Vorrichtung bzw. die Verstell-Einrichtung ist insbesondere für Schiffe oder Fluggeräte wie Flugzeuge oder Flugkörper anwendbar. Die Erfindung betrifft insbesondere eine aerodynamische Stabilisierungs- oder Steuerfläche sowie eine Steuerflächen-Vorrichtung.

[0002] Aus dem allgemeinen Stand der Technik sind Bauteile zur Erzeugung fluiddynamischer Kräfte und Momente mit unveränderbarer Steifigkeit der Bauteile selbst sowie deren Lagerung am Hauptkörper (Rumpf) oder der verwendeten Stellantriebe bekannt. Hierzu gehören:

- Stabilisierungsflächen, die aus einem einzelnen Bauteil bestehen und fest mit dem Hauptkörper (Rumpf) verbunden sind;
- Leitwerke, die aus mehreren Bauteilen bestehen, bei denen die (feststehende) Flosse unbeweglich oder lediglich zur Trimmung einstellbar (Trimmung) mit dem Flugkörper (Rumpf) verbunden sind, wobei an diesen eine oder mehrere bewegliche Steuerflächen (Ruder) angeschlossen sind;
- insgesamt drehbare Leitwerke, bei denen die Stabilisierungs- und Steuerfunktion in einem Bauteil vereint sind, deren Lagerung und Antrieb jedoch konstante Werte für die Steifigkeit aufweisen;
- insgesamt drehbare Stabilisierungsflächen, deren Drehachse gegenüber dem resultierenden äußeren Kraftangriffspunkt so angeordnet ist, dass sich das Bauteil bei Ausfall der Antriebssteifigkeit parallel zur Strömung stellt (Windfahnenstabilität);

[0003] Weiterhin sind Struktur- und Bauweisenkonzepte bekannt, bei denen die äußere Form einer aerodynamischen Fläche mit Hilfe der steuerbaren Steifigkeit von "aktiven" Materialien und Strukturkomponenten verändert wird, um die äußeren (aerodynamischen) Kräfte zu beeinflussen.

[0004] Auch sogenannte "aktiv-aeroelastische" Konzepte sind bekannt, bei denen die aerodynamischen Kräfte verändert werden können, indem mehrere an der Hauptfläche abgebrachte Steuerflächen so ausgeschlagen werden, dass die Verformung der Hauptfläche selbst infolge aeroelastischer Wechselwirkungen einen Teil der Steuerkräfte erzeugt.

[0005] Weiterhin sind Stellantriebe für Steuerflächen bekannt, deren Steifigkeit sich ändert, wenn (zur Erzeugung größerer Stellkräfte) der Druck im Hydrauliksystem variiert wird.

[0006] Aus diesen Konzepten ergibt sich der Nachteil, dass Leitwerke und andere Bauteile zur Erzeugung von Auftriebskräften in konventioneller Ausführung in den meisten Fällen durch statisch-aeroelastische Effekte eine Abminderung ihrer aerodynamischen Wirksamkeit bezüglich der auszuübenden Kräfte und Momente erfahren, da sich durch die äußeren Kräfte die Struktur in Folge ihrer Elastizität verformt, was wiederum eine Auswirkung auf die äußeren Kräfte hat. Die veränderliche Stärke dieser Effekte hängt in erster Linie vom dynamischen Druck (Staudruck) ab, der bei der Bewegung des Flugkörpers herrscht (dynamischen Druck = Dichte des Fluids x Geschwindigkeit im Quadrat). Die Effekte sind deshalb im allgemeinen Fall bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten gering und steigen mit der Geschwindigkeit (Staudruck) bis hin zum Fall der Ruderumkehr (die gewünschte Richtung für ein Flugmanöver kehrt

sich am Steuerknüppel um) oder der Strukturdivergenz (Versagen eines Bauteils durch die infolge der Strukturverformung über alle Grenzen ansteigende Belastung).

[0007] Dies führt unter anderen dazu, dass:

- 5 die Bauteile größer gebaut werden müssen, als es im aerodynamisch idealem ("starren") Fall notwendig wäre, die Struktur versteift werden muss, um diese negativen Effekte abzumindern,
- 10 die flugmechanische Stabilität und die Manövrierfähigkeit der Fluggeräte mit zunehmender Fluggeschwindigkeit abgemindert werden,

größere Ruderantriebskräfte als im "starren" Fall notwendig sind, und die Steuerflächen dadurch höher belastet werden.

- 15 [0008] Zur Vermeidung oder Abminderung dieser Nachteile wurden bereits Konzepte vorgeschlagen und untersucht, bei denen statisch-aeroelastischen Effekte in positiver Weise eingesetzt werden, um aerodynamische und flugmechanische Eigenschaften des Fluggerätes zu verbessern. Bei diesen Konzepten entstehen die positiven Effekte jedoch erst bei hohen Fluggeschwindigkeiten.

[0009] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Stabilisierungs- oder Steuerfläche zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug bzw. eine zugehörige Verstell-Einrichtung bereitzustellen, deren Wirksamkeit gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist.

[0010] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist, eine Stabilisierungs- oder Steuerfläche zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug bzw. eine zugehörige Verstell-Einrichtung bereitzustellen, deren Wirksamkeit in Abhängigkeit von Flugzustandsgrößen und für Steuermanöver anpassbar ist.

[0011] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 für ein Bauteil zur Erzeugung strömungsmechanischer Kräfte, der unabhängigen Patentansprüche 9 und 10 für eine Steuerflächen-Vorrichtung zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften sowie den unabhängigen Anspruch 20 für eine Verstell-Einrichtung gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in deren Unteransprüchen angegeben.

[0012] Nach den Ansprüchen 1 bis 8 ist erfindungsgemäß ein Bauteil zur Erzeugung strömungsmechanischer Kräfte an einem Fluggerät oder an anderen sich in einem Fluid bewegendem Gerät, insbesondere einem Fluggerät oder Schiff, vorgesehen, das eine bewegliche, auftriebserzeugende Fläche, eine Lager- und Drehachse und ein Antriebs- und Stellelement umfasst, wobei die Drehachse in Strömungsrichtung gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt der auf die Fläche wirkenden fluiddynamischen Kraft liegt, die gesamte Fläche drehbar auf der Dreh- und Lagerachse befestigt ist, und die Lagerachse fest mit dem Hauptbauteil (Rumpf) verbunden ist, wobei die bewegliche Fläche mit zumindest einem Federelement für die Drehbewegung am festen Hauptbauteil (Rumpf) angeschlossen ist, und diese Dreh-Steifigkeit über eine Verstellung, Steuerung oder Regelung an die Strömungsbedingungen und erforderlichen oder gewünschten Kräfte und Momente zur Stabilisierung und Steuerung des Gerätes angepasst werden kann. Der bewegliche Teil der Vorrichtung in Spannweiten-Richtung ist insbesondere nur ein Teil der gesamten Fläche. Das Drehfederelement mit variabler Steifigkeit ist insbesondere als ein Bestandteil der Bauteillagerung einerseits mit der drehbaren Fläche verbunden, und andererseits am Hauptkörper (Rumpf) befestigt ist (Torsions-Steifigkeit der Bauteil-Lagerung), wobei die Stellfunktion der beweglichen Fläche über ein konventionelles Stellelement (mit konstanter Steifigkeit) erfolgt. Die variable Dreh-Steifigkeit der be-

weglichen Fläche ist insbesondere über die Veränderung der Steifigkeit des Antriebselements beeinflussbar. Die Fläche dient insbesondere nur der Erzeugung von Auftriebs- oder Stabilisierungskräften und ist von Antriebselementen zur Steuerung des Gerätes entkoppelt, bei der durch das Feder-element die Wirksamkeit der Auftriebskraft aktiv (variable Federsteifigkeit) oder lediglich passiv (nicht veränderbare Federkennlinie) an die sich verändernden Flugzustände anpassbar ist. Die variable Dreh- oder Antriebssteifigkeit kann mittels mechanischer Federelemente oder mittels hydraulischer, pneumatischer, magnetischer oder elektrischer Kräfte realisiert sein. Auch kann die variable Dreh- oder Antriebssteifigkeit mit Vorrichtungen erfolgen, die Elemente aus aktiven Werkstoffen beinhalten, d. h. Werkstoffe, deren Steifigkeitseigenschaften durch äußere Kräfte (thermisch, elektrisch oder magnetisch) gezielt verändert werden können. [0013] Erfindungsgemäß wird eine Stabilisierungs- oder Steuerfläche zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegenden Fahrzeug derart ausgelegt, dass sich sowohl im passiven Betrieb zur Erfüllung der Funktion als Stabilisierungsfläche, als auch im aktiven Betrieb als Steuerfläche durch das passive elastische Verdrehen der gesamten Fläche infolge der äußeren Kräfte die Kraftwirkung erhöht, und diese durch die variable Steifigkeit der Lagerung einstellbar ist.

[0014] Die erfindungsgemäße Steuerflächen-Vorrichtung zur Erzeugung von strömungsmechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug umfasst eine Stabilisierungs- oder Steuerfläche, die an einem Hauptkörper angeordnet ist und ganz oder teilweise aus einer mittels eines Antriebs-Elements verstellbaren Ruder-Fläche mit einer Drehachse gebildet wird, und ein Antriebselement, wobei sich die Ruder-Fläche über die gesamte Tiefen-Richtung der Stabilisierungs- oder Steuerfläche erstreckt und wobei die Drehachse in Strömungsrichtung gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt der Ruder-Fläche der momentanen Kraft- und Momentenwirkung der Strömung liegt, wobei ein auf die Ruder-Fläche wirkendes Feder-Element angeordnet ist, deren Dreh-Steifigkeit gegenüber dem Hauptkörper veränderbar ist.

[0015] Die verstellbare Ruder-Fläche kann dabei am in Spannweiten-Richtung gesehen Ende eines gegenüber dem Hauptkörper feststehenden Teils der Stabilisierungs- oder Steuerfläche oder in einem mittleren Teil derselben angeordnet sein. Das Feder-Element kann einerseits mit der Ruder-Fläche und andererseits mit dem Hauptkörper in Verbindung stehen. Die Veränderung der Dreh-Steifigkeit der beweglichen Fläche kann durch die Veränderung der Steifigkeit des Antriebselements erfolgen. Weiterhin kann das Feder-Element mittels zumindest eines mechanischen Federelements realisiert sein und/oder hydraulisch, pneumatisch, magnetisch oder elektrisch arbeiten. Auch kann das Feder-Element aus aktiven Werkstoffen gebildet sein, deren Steifigkeit aufgrund von äußeren Kräften thermisch, elektrisch, oder magnetisch auf vorbestimmte Weise veränderbar ist. Die Steifigkeit des Feder-Elementes kann auch durch manuelle Verstellung verändert werden.

[0016] Erfindungsgemäß kann die Veränderung der Steifigkeit des Feder-Elementes über eine an Bord des Fahrzeuges angeordnete autonome oder externe Fern-Steuerung erfolgen. Alternativ kann die Dreh-Steifigkeit des Feder- über eine vorbestimmte Federkennlinie an die sich verändernden Strömungs-Zustände angepasst werden.

[0017] Erfindungsgemäß ist also eine Verstell-Einrichtung zur Veränderung der variablen Steifigkeit eines Feder-Elementes für die erfindungsgemäße Steuerflächen-Vorrichtung vorgesehen, bei der die Verstell-Einrichtung eine Funktionseinheit umfasst, die auf der Basis einer Ist-Größe eine Soll-

größe für die Steifigkeit des Feder-Elementes ermittelt. Dies stellt eine innere Regelung des Feder-Elementes dar. Dabei ist eine entsprechende Sensorik zur Erfassung der Ist-Größe am Feder-Element angeordnet. Zusätzlich kann die Veränderung der variablen Steifigkeit über eine Steuerungs- oder Regelungs-Einrichtung erfolgen, wobei der Staudruck als Regelgröße verwendet wird. Die Regelungs-Vorrichtung kann mit Hilfe einer darin implementierten Tabelle und/oder funktionalen Zuordnung zwischen Regelgrößen und Soll-Größen arbeiten.

[0018] Das hier vorgeschlagene Konzept ist in der Lage, auch bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten große Verbesserungen der aerodynamischen Wirksamkeit von Bauteilen zu erzeugen. Dadurch können diese kleiner und damit leichter und widerstandsärmer ausgeführt werden.

[0019] Weitere positive Effekte des Konzeptes sind darin zu sehen, dass durch die Anordnung der Lagerung des Bauteils am Rumpf (in Strömungsrichtung) die Flatterstabilität des Bauteils erhöht wird, und dass die Veränderung der variablen Antriebs- oder Lagerdrehsteifigkeit mit dem Staudruck gleichsinnig mit den Erfordernissen für ausreichende Flatterstabilität erfolgt (niedrige Steifigkeit bei niedriger Geschwindigkeit, hohe Steifigkeit bei hoher Geschwindigkeit).

[0020] Durch die mögliche Reduzierung der Größe des Bauteils verkleinern sich sowohl der von der Oberfläche abhängige Reibungswiderstand, als auch der (vom Winkel der Anströmrichtung) abhängige induzierte Widerstand, dessen absolute Größe sich ebenfalls proportional zur Fläche des Bauteils verhält.

[0021] Weitere Vorteile der Erfindung sind: geringere (Biege-)Belastung der Struktur durch die geringere Spannweite bei gleicher Kraftwirkung, höhere Wirksamkeit bei der Verwendung als aktives System zur Lastabminderung oder zur Erhöhung der Flatterstabilität, Erhöhung der natürlichen Flatterstabilität durch die Anordnung der Drehachse.

[0022] Im folgenden wird die Erfindung anhand der beiliegenden Figuren beschrieben, die zeigen:

[0023] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuerfläche mit einer ersten Ausführungsform für das erfindungsgemäß vorgesehene Steifigkeits-Element,

[0024] Fig. 2 eine schematische Darstellung der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuerfläche mit einer zweiten Ausführungsform für das Steifigkeits-Element,

[0025] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuerfläche mit einer Ausführungsform für das Feder-Element,

[0026] Fig. 4 zur Beschreibung der Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Steuerfläche eine Darstellung derselben zusammen mit relevanten Funktionsgrößen,

[0027] Fig. 5 eine schematische Darstellung eines hydraulischen Stellantriebes als eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Steifigkeits-Element,

[0028] Fig. 6 ein Diagramm zur beispielhaften Darstellung der dynamischen und aeroelastischen Wirksamkeit der Steuerfläche in Abhängigkeit des Staudruckes,

[0029] Fig. 7 eine funktionale Darstellung einer Steuerungseinrichtung zur Beeinflussung der Steifigkeit zumindest eines Steifigkeits-Elements,

[0030] Fig. 8 eine funktionale Darstellung einer Regelungseinrichtung zur Beeinflussung der Steifigkeit zumindest eines Steifigkeits-Elements.

[0031] Die erfindungsgemäße Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1, die insbesondere eine aerodynamische Steuerflä-

che ist, ist an einem Hauptkörper 2 (nicht als Bauteil dargestellt) wie einem Rumpf, Flügel oder Leitwerk angeordnet und umfasst eine Ruder-Fläche 5, die in Tiefen-Richtung 3 bzw. Strömungs-Richtung 4 die gesamte jeweilige Stabilisierungs- oder Steuerfläche umfasst. In der Spannweiten-Richtung 7 der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 kann die bewegliche Ruder-Fläche 5 die gesamte Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 oder nur einen Teil derselben bilden. Die erfindungsgemäße Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 kann durch Verstellung der Ruder-Fläche 5, d. h. Drehung oder Verschwenkung derselben, zum Steuern des Fluggerätes, Stabilisieren des Fluggerätes, zur Erzeugung von Auftriebskräften, zur Kompensation von unerwünschten äußeren Luftkräften, oder zur Dämpfung von Struktur-Schwingungen vorgesehen sein.

[0032] Einer ersten Ausführungsform der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1, bei der die Ruder-Fläche 5 die gesamte aerodynamische Fläche umfasst, ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt. In diesem Fall ist die Ruder-Fläche 5 die erfindungsgemäße Stabilisierungs- oder Steuerfläche selbst, d. h. die Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 ist als Ganzes als Ruder-Fläche 5 zur Erfüllung der vorgesehenen Funktion ausgebildet, d. h. diese wird als Ganze zur Ausübung der für diese vorgesehenen Funktion verschwenkt oder gedreht.

[0033] In einer zweiten Ausführungsform ist die verstellbare Ruder-Fläche 5 in Spannweiten-Richtung 7 nur ein Teil der gesamten Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1, wie es in der Fig. 3 dargestellt ist. Dabei erstreckt sich die Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 über die gesamte Tiefen-Richtung 3 der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1. Bei der zweiten Ausführungsform kann die Ruder-Fläche 5 am freien Ende eines gegenüber dem Hauptkörper 2 feststehenden Teils 2 der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 angeordnet sein, wie es in der Fig. 3 dargestellt ist. Der gegenüber dem Hauptkörper 2 feststehende Teil 2 dieser zweiten Ausführungsform kann jedoch auch einen in Spannweiten-Richtung 7 gesehen inneren oder mittleren Teil der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 bilden.

[0034] Wesentlich an der Erfindung ist, dass die Drehachse 10 in Strömungs-Richtung 4 gesehen hinter dem Lastangriffs-Punkt 13 verläuft. Der Lastangriffs-Punkt 13 ist derjenige Punkt auf einer strömungstechnischen Fläche, an dem die resultierende Kraft angreifen würde, welche die momentanen Strömungskräfte, also z. B. die Luftkräfte, in ihrer Kraft- und Momentenwirkung ersetzen könnte.

[0035] Dadurch wird bewirkt, dass sich die strömungsdynamische und insbesondere aerodynamische Wirksamkeit der Stabilisierungs- oder Steuerfläche infolge der strömungs- bzw. aeroelastischen Wirksamkeit bei einer Auslenkung oder einem von der Neutralstellung abweichenden Stellwinkel der Ruder-Fläche gegenüber dem starren Zustand (keine bewegliche Ruder-Fläche) erhöht. Die strömungs- bzw. aero-elastische Wirksamkeit wird definiert als das Verhältnis, das sich aus der strömungs- bzw. aero-dynamischen Kraft ergibt, die das anströmende Medium auf die strömungs- bzw. aero-dynamische Fläche in deren aufgrund der Anströmung verformten Zustand ausübt, zu der Kraft, die das anströmende Medium auf die ideal starre strömungs- bzw. aero-dynamische Fläche ausüben würde.

[0036] Die Verformung normal zur unverformten Fläche 5 ist in der Fig. 4 schematisch dargestellt (Bezugszeichen V). Dort ist auch der Anfangs-Anstell- bzw. Einstellwinkel W1 des sich im Fluid bewegenden Fahrzeuges oder Gerätes sowie ein Zusatz-Einstellwinkel W2 aufgrund elastischer Verformung eingetragen. Der Einstellwinkel ist die Orientierung der Ruderfläche 5 relativ zur Richtung 4 des strömenden Fluids.

[0037] Die Erhöhung der strömungs- bzw. aero-elasti-

schon Wirksamkeit mit Erhöhung des Staudruckes ist durch den Verlauf der Kurve 31 in dem Diagramm der Fig. 6 für eine unveränderliche, hohe Drehanschluss-Steifigkeit dargestellt. Demgegenüber ist mit der Kurve 32 der Verlauf einer

5 Stabilisierungs- oder Steuerfläche dargestellt, deren Drehachse in Strömungs-Richtung 4 gesehen vor dem Lastangriffs-Punkt verläuft (bei gleicher Drehanschluss-Steifigkeit). Deren strömungs- bzw. aero-dynamische Wirksamkeit nimmt mit der Zunahme des Staudruckes ab, da sich unter dem Einfluss der Luftkräfte eine Verformung der Steuerflä-
10 che ergibt, die den Luftkräften auszuweichen versucht. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung der Drehachse der Steuerfläche erhöht sich die strömungs- bzw. aero-dynamische Wirksamkeit derselben mit Zunahme des Staudruckes, sofern diese gegenüber ihrer bezüglich der Strömung neutralen Soll-Stellung verstellt oder verdreht ist. Die Erhöhung der strömungs- bzw. aero-elastischen Wirksamkeit kommt
15 dadurch zustande, dass die Strömung wegen der relativen Lage der Drehachse die Steuerfläche derart zu verformen versucht, dass sich der Anstellwinkel der Fläche gegenüber der Anström-Richtung 4 erhöht.

[0038] Die erfindungsgemäße Erhöhung der Wirksamkeit der erfindungsgemäßen Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 auch bei niedrigen Staudrücken kommt dadurch zustande, dass die Drehanschluss-Steifigkeit variabel vorgesehen ist und bei niedrigen Staudrücken mit niedriger Steifigkeit große Verformungen ermöglicht. Durch die variable Steifigkeit wird es möglich, dass die strömungs- bzw. aero-elastische Wirksamkeit in Abhängigkeit vom Staudruck nicht auf
20 eine Linie in Fig. 6 beschränkt ist, sondern als eine große Fläche 33 oberhalb der Geraden für Wirksamkeit = 1.0 dargestellt werden kann. Die linke und oberen 34 und unteren Begrenzungen 35 für diese Fläche ergeben sich aus der niedrigsten und höchsten einstellbaren Steifigkeit.

[0039] Für den praktischen Einsatz wird dieser mögliche Bereich durch Anpassung, Steuerung, Regelung und/oder Begrenzungen weiter eingeschränkt auf Teilbereiche oder Kurvenscharen, die sowohl gewährleisten, dass die jeweils strömungs- bzw. flug-mechanisch benötigten strömungs-
25 bzw. aero-dynamischen Wirksamkeiten eingestellt sind (Beispielkurve 36), und andererseits die Belastungsgrenzen der Struktur, Lagerungen und Antriebselemente (Kurve 37) nicht überschritten werden und ausreichende Flatterstabilität gewährleistet ist (Kurve 38). Jedem Punkt der Beispielkurve 36 entspricht dabei ein diskreter Wert für die Steifigkeit.

[0040] In der Fig. 6 sind außerdem die Grenzen für minimal mögliche 39 und maximal zulässige Fluggeschwindigkeit 40 dargestellt.

[0041] Der resultierende Lastangriffspunkt 13 ergibt sich aus den Strömungsbedingungen und der äußeren Form der strömungs- bzw. aero-dynamischen Fläche. Er kann mit theoretischen aerodynamischen Berechnungsverfahren oder experimentell (Windkanal- oder Flugversuch) ermittelt werden. Bei inkompressibler Strömung (die Geschwindigkeit ist klein gegenüber der Schallgeschwindigkeit) und dünnen, symmetrischen Profilen liegt er etwa bei einem Viertel der örtlichen Profiltiefe bzw. bei einem Viertel der mittleren Profiltiefe der Fläche. Mit zunehmender Geschwindigkeit (oder gekrümmten Profilen) wandert der Lastangriffspunkt nach hinten. Bei reiner Überschallströmung liegt er bei 50% der mittleren Flügeltiefe.

[0042] Zur Begrenzung der auf die Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 wirkenden Strömungs- bzw. Luft-Kräfte und somit der strömungs- bzw. aero-dynamischen Wirksamkeit derselben ist erfindungsgemäß ein Steifigkeits- oder Feder-Element 43 oder eine Anordnung 43 aus zumindest einem Steifigkeits- oder Feder-Element vorgesehen, das bzw. die

derart angeordnet sind, dass die Auslenkung der Ruder-Fläche 5 durch eine Federkraft begrenzt wird.

[0043] Dabei kann das Steifigkeits- oder Feder-Element entweder am Drehlager selbst wirken, wie es in er Fig. 1 dargestellt ist. Dort ist das Drehlager mit dem Bezugszeichen 41 symbolisch und das Steifigkeits- oder Feder-Element mit dem Bezugszeichen 43 bezeichnet. Ebenso ist in der in der Fig. 3 dargestellten Ausführungsform ein Steifigkeits- oder Feder-Element 43 dargestellt, das direkt am Drehlager 41 wirkt, wobei die Steifigkeit veränderbar ist. In der Darstellung der Fig. 2 ist das dort dargestellte Steifigkeits- oder Feder-Element 45 derart beschaffen, dass dieses die Steifigkeit eines Stellantriebs 47, das zur Verstellung der Ruder-Fläche vorgesehen ist, erhöhen oder variieren kann. In den Fig. 1, 2, 3 ist das Steifigkeits- oder Feder-Element 43 bzw. 45 derart gestaltet, dass seine Steifigkeit durch geeignete Auslegung und Stellorgane verändert werden kann.

[0044] Im ersten Fall, d. h. bei einer verstellbaren Drehsteifigkeit im Lagerelement, wird die Geschwindigkeit von Stellbewegungen nicht von der Steifigkeit beeinflusst, im zweiten Fall einer veränderbaren Steifigkeit im Stellantrieb verändert sich die Stellgeschwindigkeit proportional zur Steifigkeit (eine niedrige Steifigkeit führt zu einer niedrigen Eigenfrequenz für die Drehbewegung der Fläche). Bei der Auslegung ist deshalb darauf zu achten, dass die niedrigste Eigenfrequenz oberhalb der strömungs- bzw. flug-mechanischen Eigenfrequenzen für die "Starrkörper"-Eigenformen des Gerätes liegen.

[0045] Die Veränderung der Lager-Steifigkeit der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 kann auf verschiedene Weise realisiert sein, wobei verschiedene Ausführungsformen für das Feder-Element oder auch verschiedene Ausführungsformen für die Anordnung und Ansteuerung desselben möglich sind:

Das Steifigkeits- oder Feder-Element 43, 45 kann die Gestalt jedes Federelementes nach dem Stand der Technik aufweisen, zum Beispiel als Schrauben-, Torsions- oder Tellerfeder oder als Paket mit mehreren hinter- oder nebeneinander geschalteten Elementen ausgebildet sein. Das Federelement wirkt dadurch, dass ein Ende an der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 befestigt ist und das andere an dem gegenüber der beweglichen Fläche ruhendem Bezugselement (Rumpf). Die Kraftwirkung infolge der Steifigkeit entsteht durch die Verformung des Federelementes bei Auslenkung der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 aus der Ruhelage. Die Veränderung der Steifigkeit wird durch einen Verstellmechanismus erzeugt, etwa durch eine einstellbare Vorspannung am Federelement, wodurch sich zum Beispiel die Anzahl der federnden Windungen der Schraubenfeder oder der Verformungszustand der Tellerfedern verändern lässt.

[0046] Das Feder-Element 43, 45 kann auch durch ein hydraulisches oder pneumatisches Lagerelement nach dem Stand der Technik gebildet sein, das zum einen ebenfalls an der Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 und zum anderen an einem gegenüber diesem ruhenden Strukturteil gelagert oder befestigt ist. Als hydraulisches Lagerelement kommt dabei ein Hydraulik-Zylinder, ein rotatorisches Hydraulik-Element, oder eine Luftfeder mit variabler Form, Volumen oder Innendruck in Betracht.

[0047] Das Feder-Element 43, 45 kann auch durch aktive Werkstoffe (smart materials) nach dem Stand der Technik realisiert sein. Dabei kommen grundsätzlich aktive Werkstoffe jeglicher Art in Betracht, wobei der geeignete aktive Werkstoff nach dem jeweiligen Anwendungsfall auszuwählen ist. Bei den in Betracht kommende aktive Werkstoffe kann deren Steifigkeit (Elastizitätsmodul) auf Grund von äußeren, nicht-mechanischen Kräften verändert werden, etwa durch elektrische Spannungen, Magnetfelder, oder Tempe-

raturänderungen. Auch die Federelemente aus aktiven Werkstoffen sind zu geeigneten Versteifungselementen zu bilden und einerseits an der Struktur der festen Fläche 1 und andererseits an einem gegenüber der Steuerfläche 1 ruhenden Bezugselement oder den Hauptkörper 2, wie z. B. die Struktur eines Fluggeräte-Rahmens, zu befestigen oder zu lagern.

[0048] Alternativ oder zusätzlich zu den voranstehend genannten Ausführungsformen für das erfindungsgemäße Feder-Element kann das Antriebselement 47 oder dessen Versorgungssystem, das zur Verstellung oder Drehung der erfindungsgemäßen Steuerfläche vorgesehen ist, mit einem Mechanismus zur variablen Einstellung der Steifigkeit des Antriebselementes ausgestattet sein. Falls beispielsweise als Antriebselement 47 ein hydraulischer Stellantrieb vorgesehen, kann über die Veränderung des Hydraulikdruckes des Hydrauliksystems, das den hydraulischen Stellantrieb versorgt, dessen Steifigkeit und somit die Steifigkeit variiert und eingestellt werden, mit der die bewegliche Fläche gegenüber dem ruhenden Hauptstrukturteil des Gerätes (z. B. Flugzeugrumpf) auf äußere Kräfte reagiert.

[0049] In der Fig. 5 ist schematisch ein Antriebselement 47 oder Stellantrieb zur Verwendung für die Erfindung dargestellt. Ein solches hydraulisches oder pneumatisches Stellelement kann zur Veränderung der Steifigkeit mittels variablem Druck und/oder Volumen verwendet werden. Eine Vorspannkraft F erzeugt eine vorbestimmte Steifigkeit. Durch das Verhältnis von Kolbendurchmesser und Höhe erzeugt die Vorspannkraft F einen gewünschten Anstieg der Steifigkeit $K(x)$. Die in Fig. 5 dargestellte Funktion $F(x)$ zeigt beispielhaft die Veränderung der Steifigkeit.

[0050] Es können je erfindungsgemäßer Steuerfläche auch mehrere oder Kombinationen der voranstehend aufgeführten Steifigkeits- oder Feder-Elemente verwendet werden.

[0051] Die Wirkungsweise der Erfindung besteht in einer Veränderung der Steifigkeit der erfindungsgemäß gelagerten Stabilisierungs- oder Steuerfläche 1 (bezüglich ihrer Verdrehung gegenüber der Anströmrichtung) in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Strömung. Die Veränderung der Steifigkeit kann in vorbestimmter Weise an die Auslenkung der Steuerfläche gekoppelt sein, oder diskret, durch einen Einstell-Mechanismus, oder geregelt erfolgen.

[0052] Die Steifigkeit kann in vorbestimmter Weise an die passive oder aktive Auslenkung der Steuerfläche gekoppelt sein. Dabei ist vorzugsweise eine mit der Zunahme der Fluggeschwindigkeit (Staudruck) zunehmende Steifigkeit vorzusehen. Dadurch kann erreicht werden, dass bei größeren Geschwindigkeiten des Fluggerätes die Auslenkungen und die damit verbundenen äußeren Kräfte (zur Stabilisierung oder Steuerung) nicht zu groß werden und gleichzeitig die Belastungsgrenzen der Struktur oder deren Lagerungen und zugeordneten Strukturteilen nicht überschritten werden.

[0053] Bei der diskreten Einstellung kann durch systemseitigen Eingriff oder durch manuellen Eingriff eine Veränderung der Steifigkeit des jeweiligen Steifigkeits- oder Feder-Elementes vorgenommen werden. Dadurch kann in Abhängigkeit der bevorstehenden Einsatzart des Fluggerätes die aeroelastische Wirksamkeit und somit beispielsweise die Manövrierfähigkeit des Fluggerätes eingestellt werden. Dies kann auch ferngesteuert erfolgen, wenn eine entsprechende Telemetrie-Einrichtung an Bord des Flugzeugs und in einer Kommandoereinheit verfügbar ist (beispielsweise für unbemannte Fluggeräte).

[0054] Alternativ oder zusätzlich zu einer diskreten Einstellung kann auch im Fluggerät eine Steifigkeits-Steuerung für das Steifigkeits- oder Feder-Element oder die Steifigkeits- oder Feder-Elemente vorgesehen sein. Dabei ist eine Steuerungs-Einrichtung 70 im System des Fluggerätes inte-

griert, das mit einer entsprechenden Sensor-Einrichtung 71 zur Erfassung von Messgrößen 72 in Verbindung steht. Als Messgrößen kommen je nach dem Anwendungsfall Luftdaten, wie z. B. der Strömungswinkel, des statischen und dynamischen Druckes oder auch der Machzahl, und/oder Flugzustandsgrößen, wie z. B. die Fluglagenwinkel oder auch gegebenenfalls deren Ableitungen sowie Ableitungen der Position, in Betracht. In der Steuerungs-Einrichtung ist eine Funktionseinheit 73 mit abgespeicherten Kalibrationstabellen integriert, die einen Zusammenhang zwischen den Messgrößen und der Steifigkeiten zumindest eines Feder-Elementes bereitstellen. Im Betrieb werden die jeweiligen Messgrößen von der Sensor-Einrichtung zur Funktionseinheit 73, die in der Lage ist, direkt oder mittelbar die Steifigkeit zumindest eines Steifigkeits- oder Feder-Elementes durch Übermittlung einer Steuer- oder Soll-Größe 75 an das Steifigkeits- oder Feder-Element oder ein Stellorgan 77 desselben zu beeinflussen. Zusätzlich können Randbedingungen in Form von Sicherheitsfunktionen vorgesehen sein, mit denen die einstellbare Steifigkeit begrenzt werden kann. Beispielsweise kann eine Begrenzung der Steifigkeit in Form einer minimalen Steifigkeit in Abhängigkeit von Messgrößen zur Vermeidung von Struktur-Überlastungen vorgesehen sein. Eine solche Begrenzung ist mit der Begrenzungs-Linie 37 in der Fig. 6 im Diagramm für die Steuer-Wirksamkeit dargestellt, die mittels einer entsprechenden Begrenzung der Steifigkeit des jeweiligen Feder-Elementes erreichbar ist.

[0055] Zusätzlich oder alternativ zu den erfindungsgemäßen Funktionen zur Beeinflussung der Steifigkeit zumindest eines Steifigkeits- oder Feder-Elementes kann eine Regelung der Steifigkeit dadurch erfolgen, dass die von einer zur Ansteuerung des jeweiligen Feder-Elementes vorgesehene Funktionseinheit 73 ihre Soll-Größe 75 an das Feder-Element 43 sendet und die sich an diesem eingestellte Steifigkeit oder eine analoge Größe als Ist-Größe 79 erfasst und an die Funktionseinheit 73 zurückgeführt wird. In der Funktionseinheit wird aufgrund der Ist-Größe und mit Hilfe eines vorgegebenen Regelungskonzeptes oder Regelungszieles die momentane Soll-Größe ermittelt. Als Regelungsziel kann ein Soll-Verlauf für die Steifigkeit in Abhängigkeit von Mess-Größen 72 einer Sensor-Einrichtung 71 vorgegeben sein.

[0056] Erfindungsgemäß ist also eine Verstell-Einrichtung zur Veränderung der variablen Steifigkeit eines Feder-Elementes für die erfindungsgemäße Steuerflächen-Vorrichtung vorgesehen, bei der die Verstell-Einrichtung eine Funktionseinheit 73 umfasst, die auf der Basis einer Ist-Größe eine Sollgröße für die Steifigkeit des Feder-Elementes 43, 45 ermittelt. Dies stellt eine innere Regelung des Feder-Elementes dar. Dabei ist eine entsprechende Sensorik zur Erfassung der Ist-Größe am Feder-Element angeordnet. Zusätzlich kann die Veränderung der variablen Steifigkeit über eine Steuerungs- oder Regelungs-Einrichtung 70 erfolgen, wobei der Staudruck als Regelgröße verwendet wird. Die Regelungs-Vorrichtung kann mit Hilfe einer darin implementierten Tabelle und/oder funktionalen Zuordnung zwischen Regelgrößen und Soll-Größen arbeiten.

[0057] Bei der Anwendung der Verstell-Einrichtung auf ein Fluggerät kann die Machzahl, die Luftdichte, die Geschwindigkeit des Fluggerätes, der Anstellwinkel des Fluggerätes, die Drehgeschwindigkeiten des Fluggerätes oder Beschleunigungsgrößen des Fluggerätes als Regelgröße verwendet werden.

[0058] Zur Erfüllung von Sicherheits-Anforderungen oder zur Gewährleistung der Integrität des Bauteils ist darauf zu achten, dass die Komponenten zur Erzeugung der variablen Steifigkeit so ausgeführt sind, dass bei Versagen einzelner

Elemente:

die primären Steuer- und Stabilisierungsfunktionen weiterhin gewährleistet sind, die Integrität bzgl. ausreichender Strukturfestigkeit weiterhin gegeben ist, jederzeit ausreichende Flutterstabilität gewährleistet ist.

Patentansprüche

1. Bauteil zur Erzeugung strömungsmechanischer Kräfte an einem Fluggerät oder an anderen sich in einem Fluid bewegendem Gerät, insbesondere einem Fluggerät oder Schiff, das eine bewegliche, auftriebserzeugende Fläche (1), eine Lager- und Drehachse (10) und ein Antriebs- und Stellelement (47) umfasst, wobei die Drehachse in Strömungsrichtung gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt (13) der auf die Fläche wirkenden fluiddynamischen Kraft liegt, die gesamte Fläche drehbar auf der Dreh- und Lagerachse befestigt ist, und die Lagerachse fest mit dem Hauptbauteil (Rumpf) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die bewegliche Fläche mit zumindest einem Federelement für die Drehbewegung am festen Hauptbauteil (Rumpf) angeschlossen ist, und diese Dreh-Steifigkeit über eine Verstellung, Steuerung oder Regelung an die Strömungsbedingungen und erforderlichen oder gewünschten Kräfte und Momente zur Stabilisierung und Steuerung des Gerätes angepasst werden kann.
2. Bauteil nach dem Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bewegliche Teil der Vorrichtung in Spannweiten-Richtung nur ein Teil der gesamten Fläche ist.
3. Bauteil nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Federelement mit variabler Steifigkeit als ein Bestandteil der Bauteillagerung einerseits mit der drehbaren Fläche verbunden ist, und andererseits am Hauptkörper (Rumpf) befestigt ist (Torsions-Steifigkeit der Bauteil-Lagerung), wobei die Stellfunktion der beweglichen Fläche über ein konventionelles Stellelement (mit konstanter Steifigkeit) erfolgt.
4. Bauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die variable Dreh-Steifigkeit der beweglichen Fläche über die Veränderung der Steifigkeit des Antriebslements beeinflusst wird.
5. Bauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Fläche also nur der Erzeugung von Auftriebs- oder Stabilisierungskräften dient und von Antriebslementen zur Steuerung des Gerätes entkoppelt ist, bei der durch das Federelement die Wirksamkeit der Auftriebskraft aktiv (variable Federsteifigkeit) oder lediglich passiv (nicht veränderbare Federkennlinie) an die sich verändernden Flugzustände anpassbar ist.
6. Bauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die variable Dreh- oder Antriebssteifigkeit mittels mechanischer Federelemente realisiert wird.
7. Bauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die variable Dreh- oder Antriebssteifigkeit mittels hydraulischer, pneumatischer, magnetischer oder elektrischer Kräfte realisiert wird.
8. Bauteil nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei dem die variable Dreh- oder Antriebssteifigkeit mit Vorrichtungen erfolgt, die Elemente aus aktiven Werkstoffen beinhalten, d. h. Werkstoffe, deren Steifigkeitseigenschaften durch äußere Kräfte (thermisch, elektrisch oder magnetisch) gezielt verändert werden können.

9. Steuerflächen-Vorrichtung zur Erzeugung von strömungs-mechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug mit einer Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1), die an einem Hauptkörper (2) angeordnet ist und ganz oder teilweise aus einer mittels eines Antriebs-Elements (47) verstellbaren Ruder-Fläche (5) mit einer Drehachse (10) gebildet wird, und einem Antriebselement (47), wobei sich die Ruder-Fläche (5) über die gesamte Tiefen-Richtung (3) der Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1) erstreckt und wobei die Drehachse (10) in Strömungsrichtung (4) gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt (13) der Ruder-Fläche (5) der momentanen Kraft- und Momentenwirkung der Strömung liegt, dadurch gekennzeichnet, dass ein auf die Ruder-Fläche (5) wirkendes Feder-Element (43, 45) angeordnet ist, deren Dreh-Steifigkeit gegenüber dem Hauptkörper (2) veränderbar ist.

10. Steuerflächen-Vorrichtung zur Erzeugung von strömungs-mechanischen Kräften an einem sich in einem Fluid bewegendem Fahrzeug mit einer Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1), die an einem Hauptkörper (2) angeordnet ist und ganz oder teilweise aus einer mittels eines Antriebs-Elements (47) verstellbaren Ruder-Fläche (5) mit einer Drehachse (10) gebildet wird, und einem Antriebselement (47), wobei sich die Ruder-Fläche (5) über die gesamte Tiefen-Richtung (3) der Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1) erstreckt und wobei die Drehachse (10) in Strömungsrichtung (4) gesehen hinter dem resultierenden Lastangriffspunkt (13) der Ruder-Fläche (5) der momentanen Kraft- und Momentenwirkung der Strömung liegt, dadurch gekennzeichnet, dass ein auf die Ruder-Fläche (5) wirkendes Feder-Element (43, 45) angeordnet ist, deren Dreh-Steifigkeit über eine vorbestimmte Federkennlinie an die sich verändernden Strömungs-Zustände angepasst wird.

11. Steuerflächen-Vorrichtung nach dem Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbare Ruder-Fläche (5) am in Spannweiten-Richtung (7) gesehenen Ende eines gegenüber dem Hauptkörper (2) feststehenden Teils (6) der Stabilisierungs- oder Steuerfläche (1) oder in einem mittleren Teil derselben angeordnet ist.

12. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass Feder-Element (43, 45) einerseits mit der Ruder-Fläche (5) und andererseits mit dem Hauptkörper in Verbindung steht.

13. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 9, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung der Dreh-Steifigkeit der beweglichen Fläche durch die Veränderung der Steifigkeit des Antriebselements erfolgt.

14. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 9, 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Feder-Element (43, 45) mittels zumindest eines mechanischen Federelements realisiert wird.

15. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 oder 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Feder-Element (43, 45) hydraulisch, pneumatisch, magnetisch oder elektrisch arbeitet.

16. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 1 oder 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Feder-Element (43, 45) aus aktiven Werkstoffen gebildet ist, deren Steifigkeit aufgrund von äußeren Kräften thermisch, elektrisch, oder magnetisch auf vorbestimmte Weise veränderbar ist.

17. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 oder 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Steifigkeit des Feder-Elementes (43, 45) durch manuelle Verstellung veränderbar ist.

18. Steuerflächen-Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 oder 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Steifigkeit des Feder-Elementes (43, 45) über eine an Bord des Fahrzeuges angeordnete autonome oder externe (Fern-) Steuerung erfolgt.

19. Verstell-Einrichtung zur Veränderung der variablen Steifigkeit eines Feder-Elementes (43, 45) nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 oder 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstell-Einrichtung eine Funktionseinheit (73) umfasst, die auf der Basis einer Ist-Größe eine Sollgröße für die Steifigkeit des Feder-Elementes (43, 45) ermittelt.

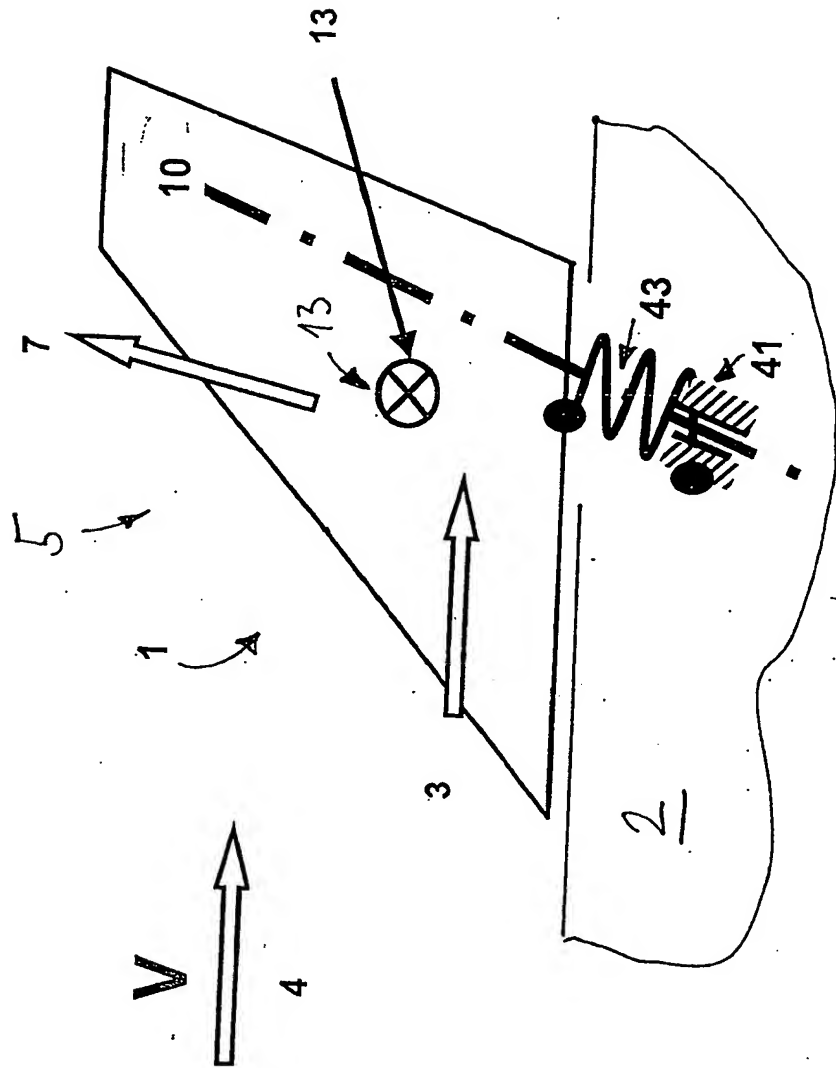
20. Verstell-Einrichtung zur Veränderung der variablen Steifigkeit eines Feder-Elementes (43, 45) nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 oder 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung der variablen Steifigkeit über eine Regelungs-Einrichtung (70) erfolgt, wobei der Staudruck als Regelgröße verwendet wird.

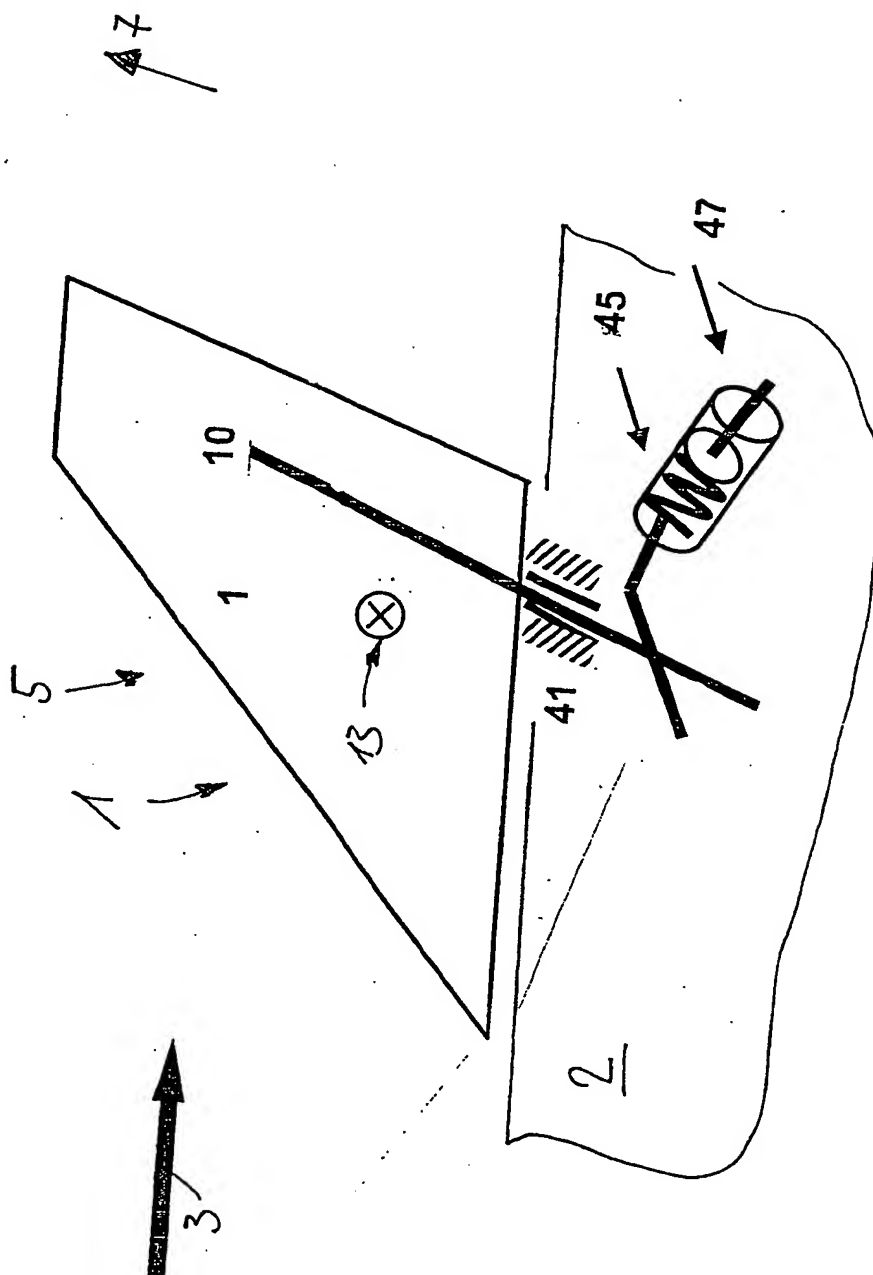
21. Verstell-Einrichtung zur Veränderung der variablen Steifigkeit eines Feder-Elementes (43, 45) nach einem der voranstehenden Ansprüche 9 oder 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Fluggerät die Machzahl, die Luftdichte, die Geschwindigkeit des Fluggerätes, der Anstellwinkel des Fluggerätes, die Drehgeschwindigkeiten des Fluggerätes oder Beschleunigungsgrößen des Fluggerätes als Regelgröße verwendet wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

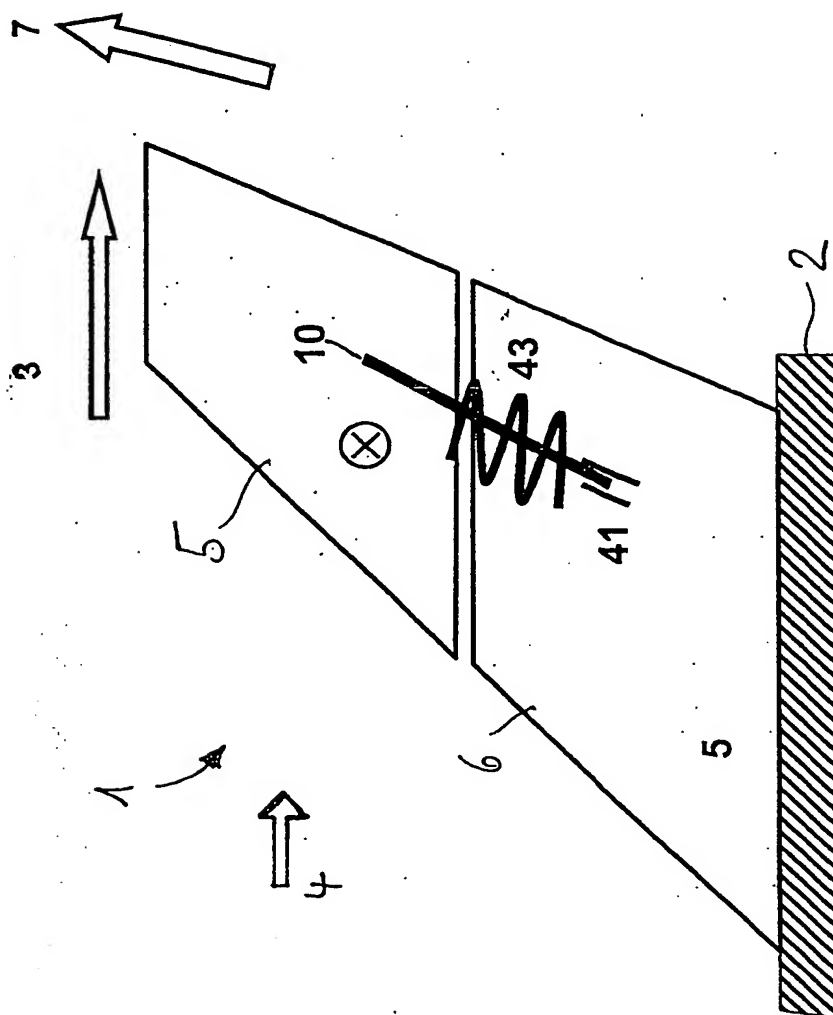
- Leerseite -

Figur 1



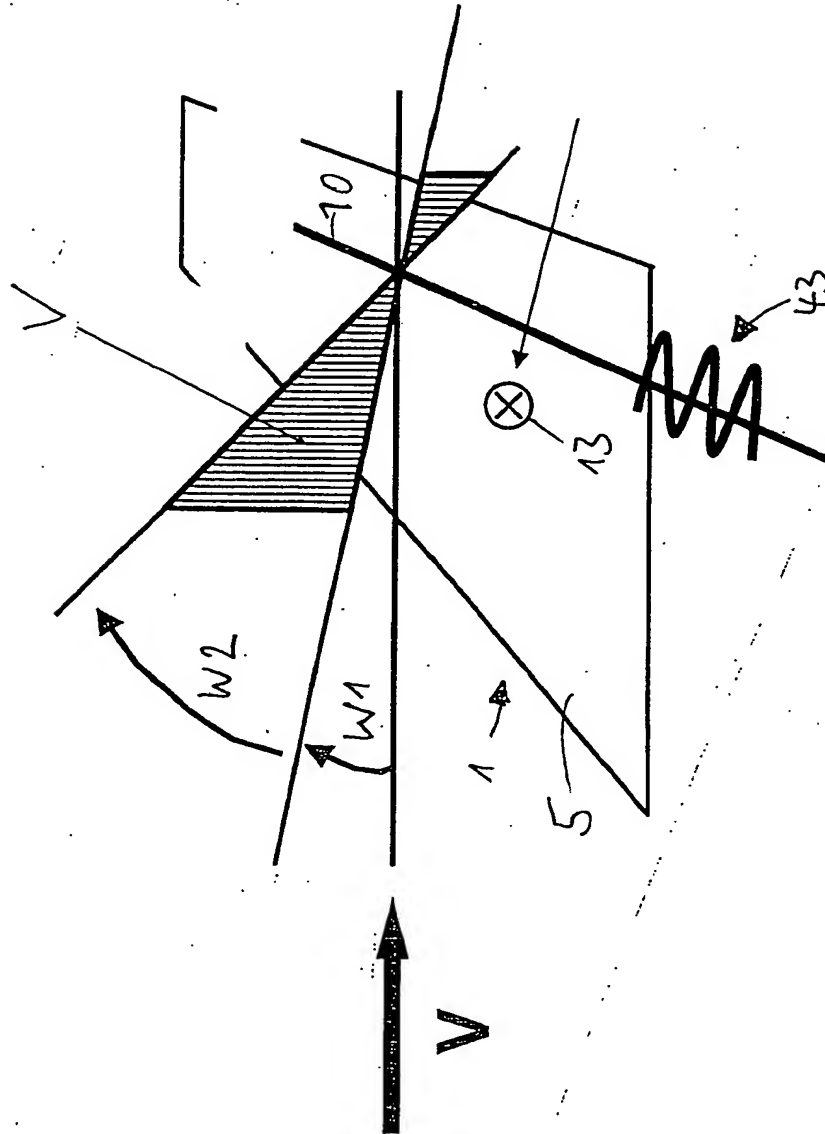


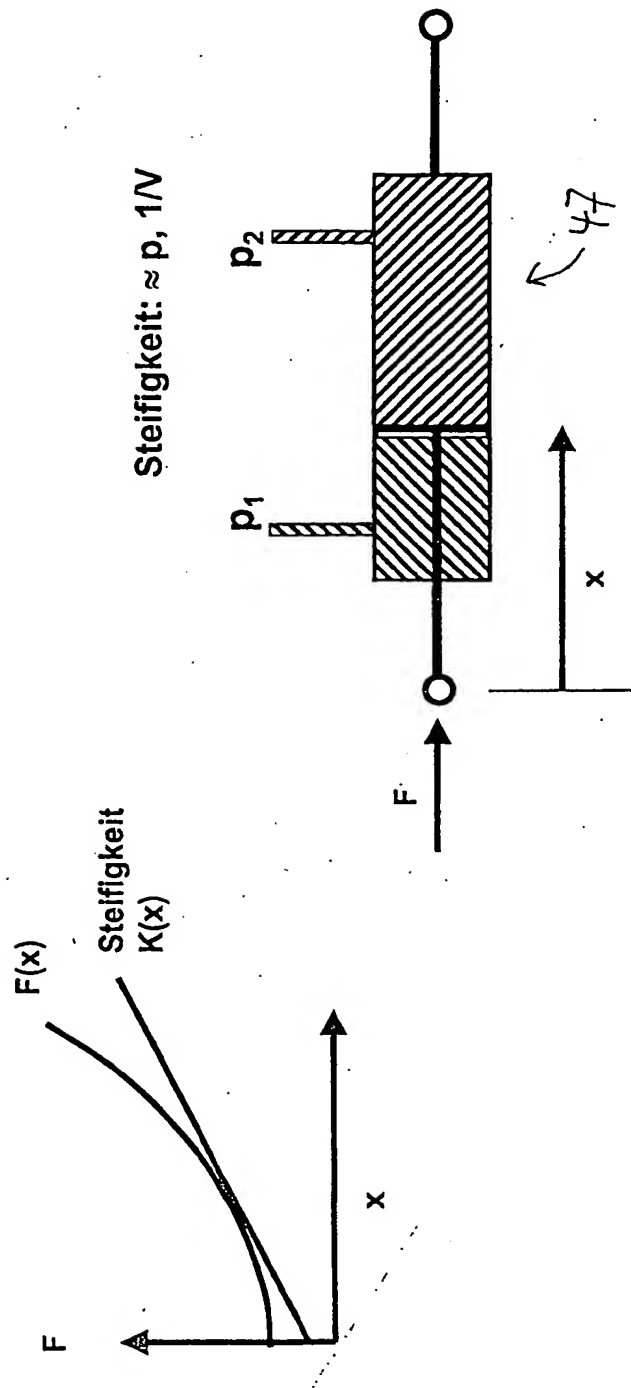
Figur 2



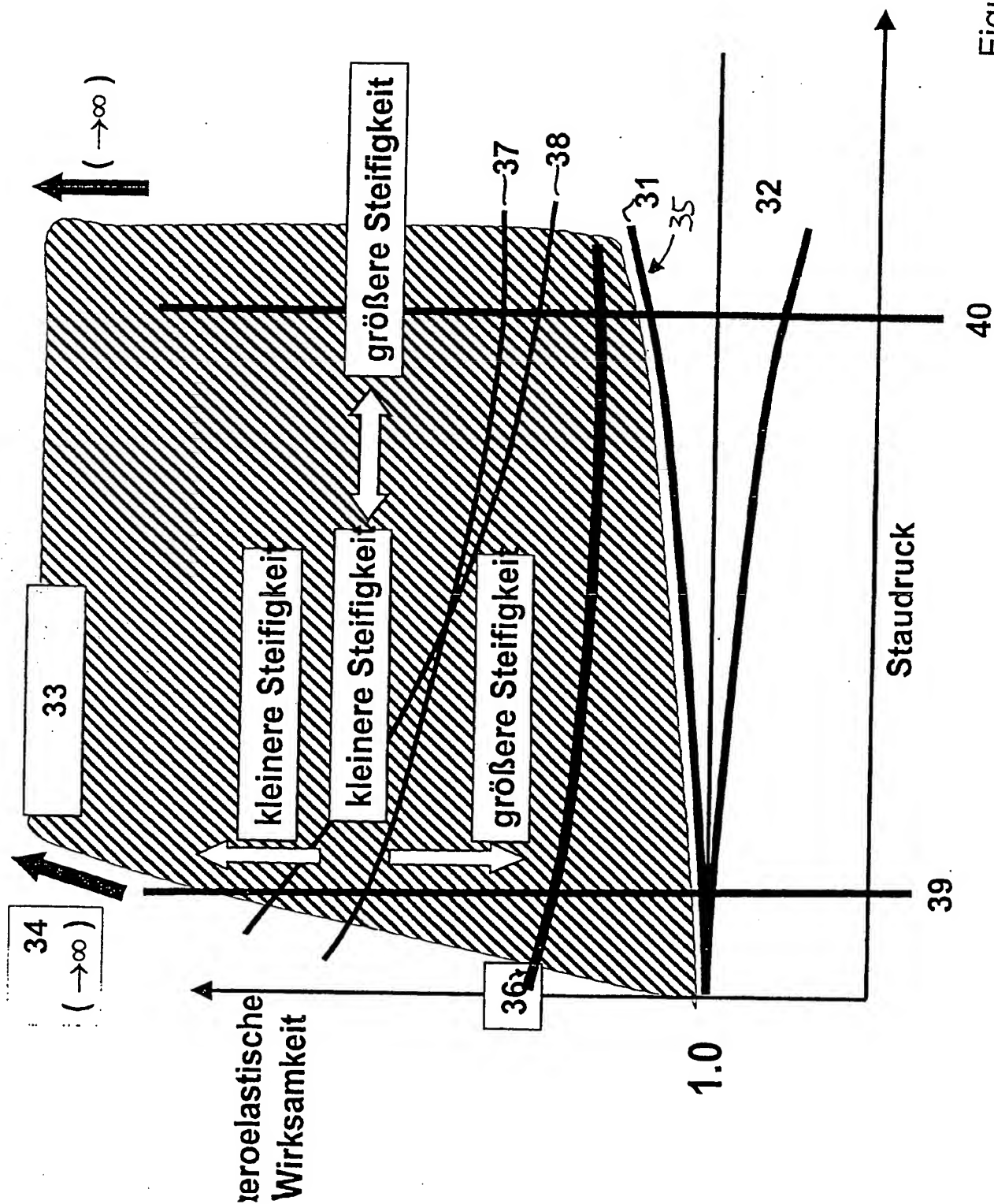
Figur 3

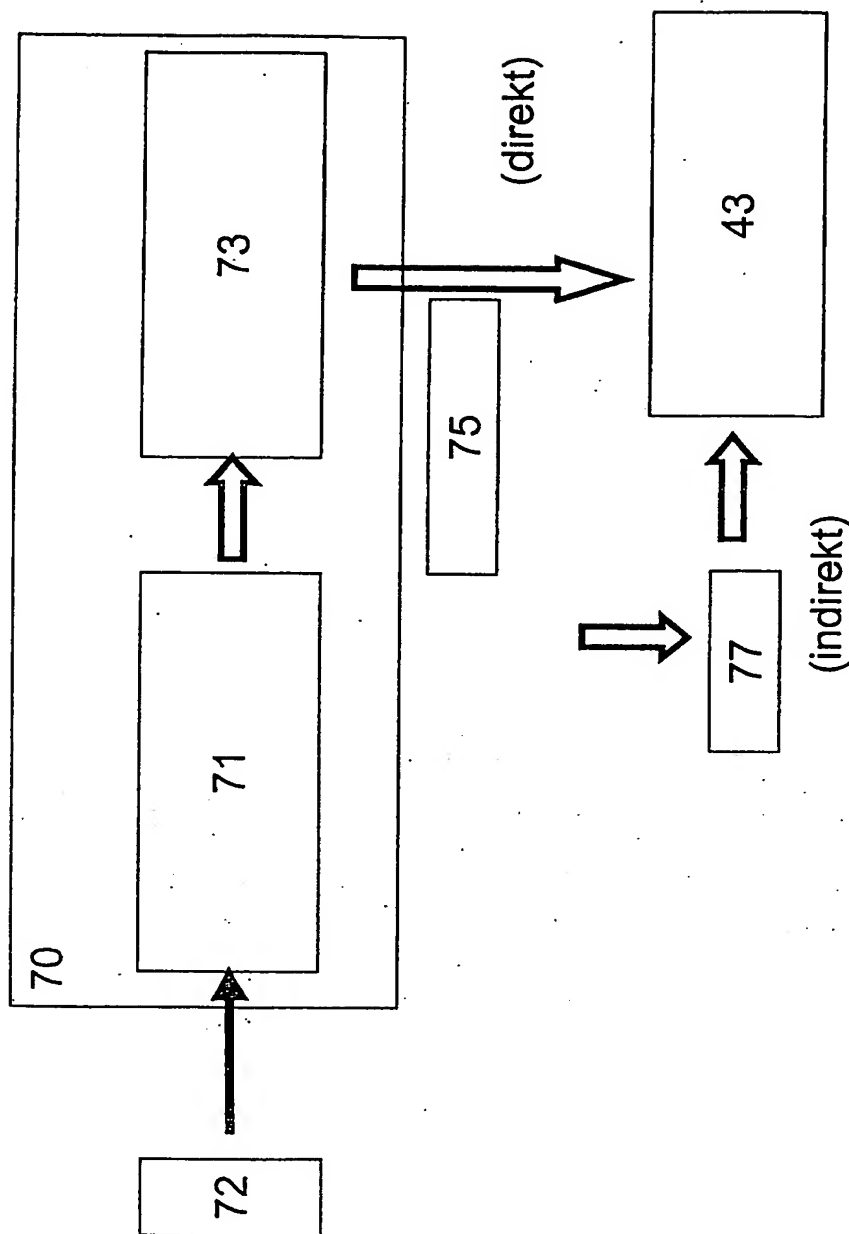
Figur.4



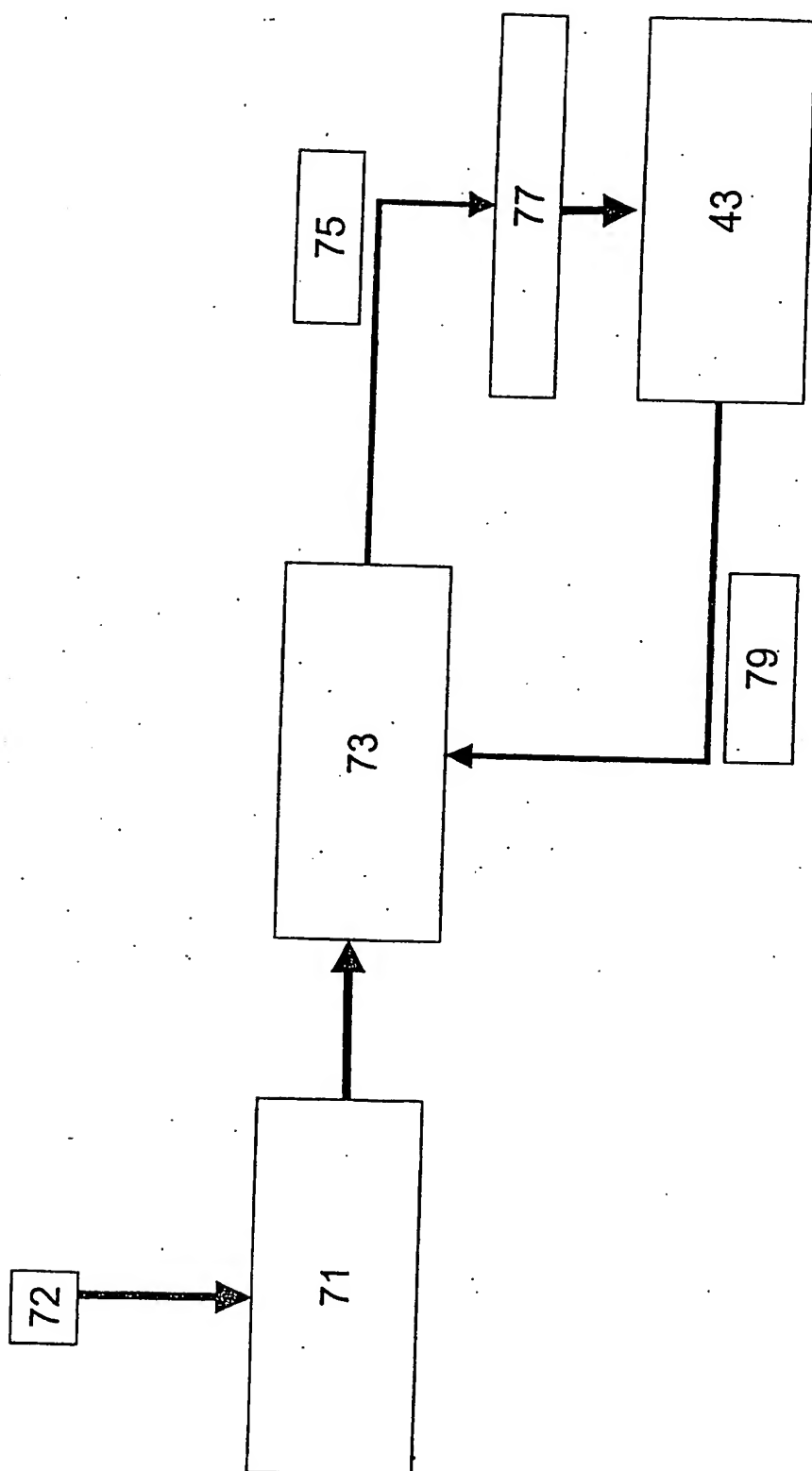


Figur 5





Figur 7



Figur 8